

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

20.4.2004  
REC'D 13 MAY 2004  
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2003年 4月22日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2003-117307

[ST.10/C]:

[JP2003-117307]

出 願 人  
Applicant(s):

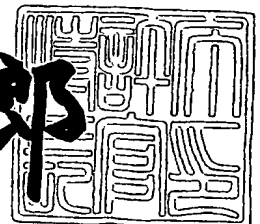
東京エレクトロン株式会社

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月16日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3046932

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP031006

【提出日】 平成15年 4月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 八掛 保夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 加藤 寿

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 安原 もゆる

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 入江 敬

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091513

【弁理士】

【氏名又は名称】 井上 俊夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 034359

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9105399

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体製造システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体製造装置と、

この半導体製造装置により所定の処理が行われた基板に付着しているパーティクルを検出するパーティクル検出部と、

このパーティクル検出部により検出された検出結果に基づいてパーティクルの付着状態を評価する評価データを作成する評価データ作成部と、

パーティクルの付着状態を評価するために予め作成した評価データとパーティクルが基板に付着した要因とを対応づけた対応データを記憶する記憶部と、

前記評価データ作成部にて得られた評価データと前記記憶部に記憶された対応データとに基づいてパーティクルが基板に付着した要因を判断する判断部と、  
を備えたことを特徴とする半導体製造システム。

【請求項 2】 パーティクル検出部により検出された検出結果は、基板の面における微少領域のアドレスとパーティクルの付着状態とを対応づけた微少領域データであり、

評価データは、基板の面を前記微少領域よりも大きい複数の領域に分割した各領域毎にパーティクルの付着状態を評価する評価値を求め、各領域のアドレスと評価値とを対応させたデータであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体製造システム。

【請求項 3】 評価値は、パーティクルのサイズ及び／または個数に基づいて評価された値であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体製造システム。

【請求項 4】 評価値は、パーティクルの付着状態を 2 値化した 2 値化データであることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【請求項 5】 前記 2 値化データは、パーティクル検出部で検出されたパーティクルの個数が予め設定した数よりも大きいか否かに応じた値であることを特徴とする請求項 4 記載の半導体製造システム。

【請求項 6】 前記評価データ作成部は、基板の面の特定の領域について評価データを作成することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【請求項 7】 評価データは、半導体製造装置により所定の処理が行われる前の検出結果と所定の処理が行われた後の検出結果との比較結果に基づいて作成されることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【請求項 8】 前記判断部にて判断された、パーティクルが基板に付着した要因を表示する表示部を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【請求項 9】 前記判断部にて判断された、パーティクルが基板に付着した要因の判断結果に基づいて半導体製造装置に対して制御信号を出力するための手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【請求項 10】 基板上のパーティクルを検査するパーティクル検査装置と、このパーティクル検査装置とは別個に設けられ、半導体製造装置を制御する制御部と、を備え、

前記パーティクル検出部及び評価データ作成部はパーティクル検査装置側に設けられ、

前記記憶部及び判断部は前記制御部側に設けられることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【請求項 11】 判断部にて判断された、パーティクルが基板に付着した要因の判断結果を通信回線により監視ステーションに送信するための通信部を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の半導体製造システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造装置により所定の処理がされた半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）などの基板に付着したパーティクルを検出する検出部を備えた半

導体製造システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路を製造する一連の工程に用いられる半導体製造装置としては、成膜装置、エッチング装置、レジストを塗布しかつ現像する塗布、現像装置、ウエハを洗浄する洗浄装置などがある。これら半導体製造装置に不具合が生じると、それ以降の工程が無駄になることから、各装置の状態を監視する必要があり、例えば特許文献1に記載されているように、塗布、現像装置では、得られたレジストパターンや膜厚を検査装置で検査し、その検査結果が不合格と判定されるとパラメータを見直すなどの処置を行うことが記載されている。

【0003】

そしてウエハの検査項目は処理に応じて種々決められるが、その検査項目の中でもウエハへのパーティクルの付着状況の検査は、いずれの半導体製造装置で処理した場合でも通常は必ず行われている。その理由は、半導体製造工程ではパーティクルの許容限度は極めて厳しく、しかも半導体製造装置は、機構部品の劣化、装置内にダウフローを形成するフィルタユニットの劣化、薄膜などの処理物の飛散などパーティクルの発生が起こりやすい環境にあるからである。

【0004】

パーティクル検査装置は、ウエハの面に光を照射すると、その散乱光の波高値（強度）がパーティクルの大きさに対応していることを利用して構成されており、ウエハを回転させながら光例えばレーザ光のスポット領域をウエハの径方向にスキャンすることによりウエハの面におけるパーティクルの付着状態を検出できる。より具体的に説明すると、ウエハの面を例えば0.1mm～0.5mm角の微少な正方形領域（より詳しくは例えば扇形状領域）に分割し、その分割領域をピクセルと呼ぶことにすると、データを格納するメモリ側には全ピクセルのアドレスが割り当てられており、各ピクセル内にレーザ光を順次照射していく。

【0005】

レーザ光のスポット領域は例えば直径60 $\mu$ mの大きさであり、このスポット領域を例えば半分ずつ重ね合わせながら各ピクセル内を照射していく。1ピクセ

ル内にレーザ光が例えば10回照射されて10個のレーザ光スポットにより隈無く照射されるとすると、1ピクセルに対して散乱光の強度データが10個得られる。なおスポットが重ね合わせられた部分については重複してカウントしないように処理される。一方コンピュータ側で散乱光の強度とパーティクルのサイズとを予め対応させておくことにより、その10個のデータの中で強度が一番大きいデータに対応するパーティクルサイズが分かり、このパーティクルサイズをそのピクセルのデータとする。全ピクセルについてデータをとると、どのサイズがどのくらいの頻度で現れているかというデータ、例えば図20(a)に示すようなパーティクルサイズ（粒径）と個数（頻度）とを対応させたヒストグラムが得られる。そして例えばウエハの処理前及び処理後に夫々ヒストグラムを作成し、その差をとれば、処理によって付着したパーティクルに対応するヒストグラムが得られる。こうして得られたデータ（ヒストグラム）をもとにイメージデータとして、図20(b)に示すようにウエハ上における1ピクセルに対応する領域にパーティクルサイズに応じた色でドットが付されたマップが表示される。またピクセルデータをベースに各サイズのパーティクルが夫々どのくらいあるかというデータも出力できる。そしてオペレータは前記マップを見て半導体製造装置を診断し、不具合の有無及びパーティクルの発生要因を推測し、必要に応じてメンテナンスを行うようにしている。

【0006】

【特許文献1】 特開平11-24178号：図6及び図7

【発明が解決しようとする課題】

パーティクル検査装置で得られたピクセルデータは例えば0.1mm角サイズの領域に対応するデータであるため、ウエハ全体のデータとしては例えば12インチサイズのウエハであれば、データ数は数十万個にも上る。このため検査データを転送したり処理したりすることは、半導体製造装置に付随するコンピュータのメモリ容量では実質できないため、パーティクル検査装置から出力された検査結果に基づいてオペレータが診断するようにしている。

【0007】

しかしながらパーティクルの付着状態とパーティクルの付着要因（発生要因）

との関係を把握するためには熟練が必要であることから、熟練したオペレータが不在などの場合には、試行錯誤で原因を追及せざるを得ず、作業が煩わしく作業者の負担が大きい。またメーカに問い合わせるサービスマンにより調べてもらうこともあるが、この場合にはサービスマンがユーザに出向いて検査結果を見て診断し、その結果によっては機材をメーカ側に取りに戻るなどのことも少なくないのでメンテナンス作業に要する負担が大きい。

## 【0008】

一方、半導体製造工程をできるだけ効率的に行うために半導体製造装置内に張り巡らしたセンサの検出結果をコンピュータで分析して半導体製造装置に対して例えばパラメータの変更、クリーニングの実施などを行ってフィードフォワードあるいはフィードバックをかける自動化システムが進められているが、パーティクルの検査においては、出力されたデータに基づいて人が診断するようにしているため、検査結果を自動化システムに組み込めないという問題もある。

## 【0009】

本発明は、このような背景の下になされたものであり、パーティクルの検査結果に基づいて自動で半導体製造装置の診断を行うことのできる半導体製造システムを提供することにある。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の半導体製造システムは、

半導体製造装置と、

この半導体製造装置により所定の処理が行われた基板に付着しているパーティクルを検出するパーティクル検出部と、

このパーティクル検出部により検出された検出結果に基づいてパーティクルの付着状態を評価する評価データを作成する評価データ作成部と、

パーティクルの付着状態を評価するために予め作成した評価データとパーティクルが基板に付着した要因とを対応づけた対応データを記憶する記憶部と、

前記評価データ作成部にて得られた評価データと前記記憶部に記憶された対応データとに基づいてパーティクルが基板に付着した要因を判断する判断部と、



を備えたことを特徴とする。

【0011】

前記評価データは、半導体製造装置により所定の処理が行われる前の検出結果と所定の処理が行われた後の検出結果との比較結果に基づいて作成されるものであってもよいし、あるいは処理前の検出結果は考慮せず、所定の処理が行われた後の検出結果に基づいて作成されるものであってもよい。いずれを選択するかは前工程の種別などとの関係で決めることができる。

【0012】

より具体的な例としては、パーティクル検出部により検出された検出結果は、基板の面における微少領域例えば0.1～0.5mm角程度の正方形領域のアドレスとパーティクルの付着状態とを対応づけた微少領域（ピクセル）データであり、評価データは、基板の面を前記微少領域よりも大きい複数の領域に分割した各領域毎にパーティクルの付着状態を評価する評価値を求め、各領域のアドレスと評価値とを対応させたデータである。なお基板の面を分割領域とするための分割数は、例えば100以下が好ましく、50以下がより好ましい。このように微少領域のデータに基づいて、その領域よりも大きい分割領域に評価値を割り当てることにより、その後のデータの処理例えばコントローラなどへの転送、あるいは評価データに基づくパーティクルの付着要因の推定処理などが容易になる。

【0013】

また評価値は、例えばパーティクルのサイズ及び／または個数に基づいて評価された値とすることができ、より具体的には例えばパーティクルの付着状態を2値化した2値化データとすることができる。この場合2値化データは、パーティクル検出部で検出されたパーティクルの個数が予め設定した数よりも大きいかなにかに応じた値とすることができる。また前記評価データ作成部は、基板の面の特定の領域について評価データを作成するようにしてもよい。

【0014】

この発明によれば、予め評価データとパーティクルが基板に付着した要因とを対応づけた対応データを用意しているので、パーティクルの付着要因を自動で診断することができる。この診断結果（パーティクルが基板に付着した要因）は例

えば表示部に表示される。また診断結果に基づいて半導体製造装置に対して制御信号を出力するための手段を備えた構成とすることができる。より具体的な構成例としては、基板上のパーティクルを検査するパーティクル検査装置と、このパーティクル検査装置とは別個に設けられ、半導体製造装置を制御する制御部と、を備え、前記パーティクル検出部及び評価データ作成部はパーティクル検査装置側に設けられ、前記記憶部及び判断部は前記制御部側に設けられる構成を挙げることができる。更にまた本発明は、判断部にて判断された、パーティクルが基板に付着した要因の判断結果を通信回線により半導体製造装置のメーカー側に送信するための通信部を備えた構成としてもよい。

【0015】

## 【発明の実施の形態】

図1は、本発明の実施の形態にかかる半導体製造システムの構成を示す図である。この半導体製造システムは半導体製造装置1を備えている。この半導体製造装置1はウエハ及び液晶ディスプレイ用ガラス基板などの基板に半導体集積回路を形成するための処理を行う基板処理装置であり、熱処理装置、エッチング装置、成膜装置、スパッタ装置、イオン注入装置、アッシング装置、レジスト液を塗布しかつ露光後の基板を現像する塗布、現像装置、洗浄装置などを挙げることができる。またこの明細書では半導体製造装置は、半導体製造工程に用いられる装置であればよく、上述の装置の他に、基板上の半導体集積回路を検査する検査装置、あるいはあ露光時のマスクとして使用するマスク基板（レチクル基板）にレジストパターンを形成する装置なども含まれる。

【0016】

半導体製造装置1においては、例えば処理前のウエハWを多数枚収納したキャリアCが搬入され、このキャリアCからウエハWが取り出されて所定の処理を行い、処理後のウエハWが例えば元のキャリアCに戻されて搬出される。この半導体製造装置1内には、この半導体製造装置1により所定の処理が行われたウエハWに付着しているパーティクルを検査するパーティクル検査装置2が設けられている。

【0017】

パーティクル検査装置 2 は、図 2 に示すように図示しないターンテーブルに載置されたウエハ W に対向して設けられると共にウエハ W の径方向に移動自在な例えばレーザ光を照射する光照射部 21 と、この光照射部 21 から照射されてウエハ W 上で散乱した散乱光を受光する受光部 22 と、この受光部 22 で受光した受光信号を処理する信号処理部 23 とを備えている。前記信号処理部 23 は、バス 23a に接続され、このバス 23a には、ピクセルデータ作成プログラム 24a 及び評価データ作成プログラム 24b などを格納したプログラム記憶部 24 と、ピクセルデータを記憶するピクセルデータ記憶部 25 と、後述の評価データを記憶する評価データ記憶部 26 と、CPU（中央処理ユニット）27 を備えている。

## 【0018】

光照射部 21 の光照射領域は例えば「従来技術」の項目にて述べたように、直径  $60\mu\text{m}$  のスポット領域であり、ウエハ W 上の散乱光の検出については、最初に照射する開始点であるスポット領域をウエハ W の中心部とし、ウエハ W の中心部の散乱光を検出した後、光照射部 21 を外側に順次例えばスポット領域の半分の大きさ分だけ移動させる。既述のようにピクセルデータの単位となるピクセル（微少領域）は、ウエハの面を例えば  $0.1\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$  角の微少な正方形領域（より詳しくは例えば扇形状領域）に分割した領域であり、このピクセル内をレーザスポットで隈無くスキャンすることから、例えば 1 ピクセル内にスポット領域が重なりながら並ぶように光照射部 21 をウエハ W の径方向に移動させ、またウエハ W を回転させる。こうして 1 ピクセル内にレーザ光（パルス）を順次照射し、各照射（各パルス）毎におけるその散乱光の強度に対応する受光部 22 からの検出信号（電圧）に基づいて、その強度の一番大きい値に対応するパーティクルサイズをそのピクセルデータとする。このようなピクセルデータは、例えば信号処理部 23 により前記検出信号をアナログ／デジタルコンバータにより 256 段階に分けられたレベル信号として取り出し、1 ピクセル内で検出された最大レベル信号のデジタル出力をピクセルのアドレスと対応づけてメモリに格納することにより得られる。

## 【0019】

こうしてウエハWの表面全体を例えばレーザ光によりスキャンすることにより全ピクセルについてデータを得ることができる。この例では、各ピクセル内にパーティクルが存在すれば、存在するパーティクルの中で1番サイズの大きいパーティクルを代表値とする。言い換えればパーティクルの有無とそのサイズとをそのピクセルのデータとしていることになる。なおこの実施の形態では、次に述べる評価データの中にはパーティクルサイズを含めないこととするので、そういった場合にはパーティクルの有無だけ各ピクセルデータに割り当てればよい。即ち散乱光の強度がある設定値以上であればパーティクル有りとしてピクセルのアドレスに応じた領域に例えばフラグを立てるようにすればよい。あるいはピクセルのアドレスとパーティクルのサイズとを対応させたデータの他にピクセルのアドレスとパーティクルの有無とを対応させたデータを記憶させるようにしてもよい。

#### 【 0 0 2 0 】

そしてターンテーブルの回転角と光照射部 2 1 の径方向の位置とが分かっており、またウエハWにはオリエンテーションフラットやノッチといった結晶方向を表す位置合わせ部位を備えているので、この位置合わせ部位を基準にして、各ピクセルはウエハW上で極座標として位置を特定でき、更にX、Y座標としても特定できる。この結果例えば各ピクセル（微少領域）のアドレスとパーティクルの有無とを対応づけたピクセルデータを作成することができ、このピクセルデータはピクセルデータ記憶部 2 5 に格納される。なお図 2 では記憶部 2 5 内のデータとしてピクセルデータのイメージを示しており、このピクセルデータはウエハW上でパーティクルの有無のマップとして把握できる。この例では、光照射部 2 1、受光部 2 2、信号処理部 2 3 及びピクセルデータ作成プログラム 2 4 a によりパーティクル検出部が構成される。

#### 【 0 0 2 1 】

ピクセルの面積は既述のように極めて小さいので、例えば直径が 3 0 0 mm のウエハでは座標データ量は例えば 1 0 万個近い数にもなることから、このまま例えば半導体製造装置のコントローラなどに転送すると転送に長い時間がかかるし、またコントローラ側においてデータ処理の負荷が大きく更に大容量のメモリを

容易しなければならない。このためパーティクル検査装置2では、プログラム記憶部24内に評価データ作成プログラム24bを用意し、ピクセルデータを取り扱いやすくするためにこのプログラム24bによりピクセルデータを評価データに変換し、その評価データを評価データ記憶部26に記憶するようにしている。この例では、評価データ作成プログラム24b及びCPU27により評価データ作成部が構成される。

## 【0022】

評価データは、例えば図3に示すようにウエハWの面例えば表面を複数に分割し、分割された各領域毎に前記ピクセルデータに基づいてパーティクルの付着状態を評価した評価値を求め、これら評価値のマップからなる。図3の例はウエハWの面を同心円状に複数分割すると共に更に周方向に複数分割しているが、これは発明の内容の理解を容易にするために便宜上記載したものであってこの例に限るものではなく、実際のシステムにおいては分割の数及び分割の仕方は、半導体製造装置1の種類などに応じて適宜設定される。

## 【0023】

そして分割された各領域の評価値としては、各領域内のピクセルデータが論理値「1」（パーティクル有りの場合）または論理値「0」（パーティクル無しの場合）で表されるから、各領域に含まれる全ピクセル数に対して「1」であるピクセル数が予め設定した割合を越えていれば、その領域の評価値は「1」とし、予め設定した割合以下であれば、その領域の評価値は「0」となるようにデータ処理をして、2値化データとして表す例を挙げることができる。言い換えれば、各領域の大きさに応じて予め設定個数が決められており、ピクセルデータに基づいてその領域におけるトータル数（その領域に含まれるピクセルの論理「1」のトータル数）が、前記設定個数を越えているか否かで「1」、「0」が決定される。ウエハWにはオリエンテーションフラットやノッチなどのウエハWの向きを表す部位があるので、この部位に基づいてウエハW上の各分割領域に図3に示すようにアドレス（A、B1、B2………F16）を割り当てることができ、従って各アドレスと評価値、この例では2値化データとを対応づけて評価データとして評価データ記憶部26に記憶される。

## 【0024】

即ちこの実施の形態は、ピクセルデータではデータ数が多いが、このようにウエハW上に領域を割り当てて評価値を割り当てることによりデータ処理が容易になることに着目して作成された手法である。従ってウエハWの面を微少に分割しすぎるとデータの取り扱いの容易性の利点が薄くなり、一方において分割数が少ないとパーティクル付着の要因の分析が困難になることから、その兼ね合いと半導体製造装置1の種類などに応じて適宜設定することが望ましい。こうした点から基板の面の分割数は100以下が望ましく、アルゴリズムの複雑化を避けるためには50以下であることがより一層望ましい。

## 【0025】

以上の説明では、半導体製造装置1において処理されたウエハの面を検査して得られたピクセルデータに基づいて評価データを作成する例を挙げているが、実際には多くの場合、ウエハWが処理される前に付着したパーティクルの影響を除くために、ウエハWが処理される前のピクセルデータと処理後のピクセルデータとを比較し、その比較結果である差分のデータをピクセルデータとして取り扱い、このピクセルデータに基づいて評価データを作成する。ここでいう差分のデータとは、例えば各ピクセルについて処理前のウエハWを検査したときの散乱光の強度と処理後のウエハWを検査したときの散乱光の強度とを比較して、散乱光の強度が大きくなっていれば、新たにパーティクルが付着したものと考えられるので、そのピクセルにパーティクル有りの「1」の値を割り当て、散乱光の強度が大きくなっていなければ、新たにパーティクルが付着していないものとみなしてそのピクセルにパーティクル無しの「0」の値を割り当てる。

## 【0026】

このようなデータ処理はピクセルデータ作成プログラムによって行われ、処理前と処理後との差分に対応するピクセルデータをピクセルデータ記憶部25に記憶する。ウエハWを処理する前のパーティクルの検出結果は、ウエハWを処理する前に前記パーティクル検査装置2にて検査して得た結果であってもよいが、前記半導体製造装置1にウエハが搬入される前に既に作成された検出結果であってもよい。

## 【0027】

図1に説明を戻すと、3は半導体製造装置1の運転を制御する例えば半導体製造装置1毎に設けられた装置コントローラである制御部である。この制御部3は、バス31に各々接続されたCPU（中央処理ユニット）30と、判定プログラム32a及び制御信号作成プログラム32bを記憶する第1の記憶部32と、評価データを記憶する第2の記憶部33と、評価データとパーティクルの付着要因とを対応づけた対応テーブルを記憶する第3の記憶部34と、を備えている。またバス31には、図示しない入出力ポートを介して前記パーティクル検査装置2が接続され、更にまたアラーム発生部35及び表示部36が接続されている。

## 【0028】

第3の記憶部34に記憶されている対応データであるテーブルは、予めウエハWにパーティクルが付着する要因を捜しておいて各要因によりパーティクルが付着した場合の評価データを求めておき、評価データとパーティクルの付着要因とを対応づけて記載したものである。評価データと付着要因とは必ずしも1:1に対応する訳ではなく、例えばある要因においては、ウエハWの周縁部のある特定部分にパーティクルが付着する場合には、パーティクルが付着する態様の中で可能性のある種々の態様を想定して、各態様をカバーできるように一つの要因に対して複数の評価データを割り当てるといった場合もある。またパーティクルの付着要因として複数の要因が重なることもあるので、一つの評価データあるいは複数の評価データのグループに複数の要因を割り当てるようにしてもよい。

## 【0029】

図5は、後述の具体例で述べる縦型熱処理装置のウエハ保持具の4本の支柱が汚れていた場合のパーティクルの付着状態に対応するピクセルデータのイメージデータと評価データとの一例であり、支柱により支持される部位及びその近傍にパーティクルが付着している。評価データではピクセルデータで論理「1」の数が多い領域に論理「1」が割り当てられており、その他の領域は「0」になっている。

## 【0030】

第1の記憶部32に記憶されている判定プログラム32aは、第2の記憶部3

3に記憶されている評価データと、第3の記憶部34に記憶されている対応テーブルとに基づいてその評価データが対応テーブルのどの要因に相当するかを判断し、具体的には第2の記憶部33に記憶された評価データと対応テーブル中の評価データとを比較し、マッチングした評価データに対応する要因を読み出して、アラーム発生部35にアラームを発生させると共に、表示部36にパーティクルの付着要因（発生要因）を表示させ、更に制御信号作成プログラム32bによりその要因に応じた制御信号を作成して出力する。表示部36は例えば半導体製造装置1の本体に設けられた操作パネルなどの表示画面に限られずプリンタなどであってもよい。制御信号としては、その要因に応じた対応をとるための信号であり、例えば図4にて説明したウエハ保持具の汚れが要因であれば、ウエハWに対するプロセスを中止してウエハ保持具を反応容器内でクリーニングするための信号であり、また要因によっては装置の運転を停止する停止信号であってもよい。

#### 【0031】

なお図1の例では、CPU30及び判定プログラム32aが、評価データと対応データである対応テーブルとに基づいてパーティクルの付着要因を判断する判断部に相当する。またパーティクル検査装置2及び制御部3は、半導体製造装置1におけるパーティクル発生の状態を診断する診断装置を構成している。

#### 【0032】

ここで評価データの評価値である2値化データを割り当てるために、各領域にパーティクルの設定個数を決めるにあたっては、例えばウエハWの面を各領域の面積が互いに等しくなるように分割してもよく、この場合には設定個数は各領域の間で同じ値とすればよい。また2値化データは、各領域のパーティクルの個数だけでなく、パーティクルのサイズを考慮してもよく、例えばその領域のパーティクルの総数が設定個数に達していなくても、あるサイズ範囲のパーティクルの数がそのサイズ範囲に割り当てられた設定個数を越えていれば論理「1」（パーティクル有り）を立てるようにしてもよい。あるいはまた2値化データは、各領域のパーティクルの個数を考慮せずにパーティクルのサイズだけで決めるようにしてもよく、例えばあるサイズよりも大きいサイズのパーティクルが1個でも存在すれば、その領域には論理「1」を立て、そのサイズよりも大きいパーティク



ルが存在しなければ論理「0」を立てるようにしてもよい。

#### 【0033】

また各領域の評価値としては2値化データに限られるものではなく、例えば各領域の面積に応じて割り当てられた設定値を複数段階の値例えば2段階の値とし、各段階の設定値との比較で複数の評価値を得るようにしてもよい。便宜的な説明をすれば、例えば2段階の設定値を夫々20個、40個とし、パーティクルの個数が20未満であれば評価値1、20以上40未満であれば評価値2、40以上であれば評価値3といったように決めてもよい。更にまた3段階以上の評価値を決めるにあたって、パーティクルのサイズ及び個数の両方を考慮してもよい。またパーティクルサイズが3  $\mu\text{m}$ 未満の個数が5個未満、3  $\mu\text{m}$ 以上8  $\mu\text{m}$ 未満の個数が5個未満、8  $\mu\text{m}$ 以上の個数が5個未満のときには評価値1とし、パーティクルサイズが3  $\mu\text{m}$ 未満の個数が5個以上で、その他は評価値1と同じときには評価値2といった具合に決めてもよい。

#### 【0034】

更にまたウエハの全面について評価データを作成することに限られるものではなく、ウエハの面の一部である特定の領域について評価データを作成してもよい。図6はこのような例を示す図であり、ウエハWの中央部寄りの帯状のゾーンSについてのみ評価データを作成してもよい。この場合、パーティクルがウエハの周縁部のみに付着する態様、中央部のみに付着する態様、図5に示すように周縁の一部に付着する態様などをカバーすることができ、しかも評価データのデータ量が少ないことから処理の負荷が小さくて済む利点がある。なおパーティクルの検出はウエハの表面（被処理面）に限らずウエハの裏面側についても行い、その検出結果例えば既述のピクセルデータに基づいてウエハの裏面の評価データを作成すると共に、予めウエハの裏面に付着するパーティクルの付着状態と付着要因とを対応させてテーブルを作成して、同様に要因を推定するようにしてもよい。

#### 【0035】

次にこの実施の形態の半導体製造システムの全体の流れの一例について説明する。今半導体製造装置1にてウエハに対して所定の処理が行われているとすると、例えばキャリアC内に製品ウエハと共に収納されていたモニタウエハに対して

も製品ウエハと同様の処理がなされ、このモニタウエハについてはパーティクル検査装置 2 内に搬入されてその表面、裏面あるいは両面のパーティクルの検出が行われる。そして既に図 5 に示したように、このモニタウエハについての検出結果であるピクセルデータがパーティクル検査装置 2 のピクセルデータ記憶部 25 に取り込まれ、評価データ作成プログラム 24 b によりピクセルデータに基づいて評価データが作成されて評価データ記憶部 26 に記憶される。

## 【0036】

評価データを作成する基になるピクセルデータは、処理されたモニタウエハの検出結果に基づいて作成されたものであってもよいし、あるいは処理後のモニタウエハの検出結果に基づいて作成されたピクセルデータと処理前のモニタウエハの検出結果に基づいて作成されたピクセルデータとの比較結果に基づいて作成されたものであってもよい。こうして得られた評価データはパーティクル検査装置 2 から制御部 3 の第 2 の記憶部 33 に送られる。

## 【0037】

続いて判定プログラム 32 a がこの評価データと第 3 の記憶部 34 内の対応テーブル内の評価データとのマッチングを行い、マッチングしない場合には異常なしとして半導体製造装置 1 の運転が継続される。一方マッチングした場合にはマッチングした項目のパーティクル付着要因を読み出し、アラーム発生部 35 によりアラームを発生させると共に、その要因を表示部 36 に表示させ、また制御信号作成プログラム 32 b により作成された制御信号例えばクリーニング指令あるいは装置の運転停止指令などを半導体製造装置 1 に対して出力する。オペレータはアラームの発生によりパーティクルが異常に発生していることを把握し、そして表示部 36 を見ることによりパーティクル付着（発生）要因が分かる

なお例えば制御信号により半導体製造装置 1 が自動で対応する場合、例えば反応容器内のクリーニングを行う場合には、オペレータは特にメンテナンスを行わない。なおウエハの表面及び裏面についてパーティクルの検出を行う場合には、第 3 の記憶部 34 内の対応テーブルは両面について夫々用意される。またこの例ではモニタウエハについてパーティクルの検出を行っているが、モニタウエハに加えて製品ウエハについてもパーティクルの検出を行って異常の有無を判断する

ようにしてもよいし、あるいはモニタウエハを用いずに製品ウエハについてのみパーティクルの検出を行って異常の有無を判断するようにしてもよい。

## 【0038】

上述実施の形態によれば、ウエハWにパーティクルが付着したときにその付着状態を評価する評価データとパーティクルの付着要因とを予め対応させてその対応データとして例えば対応テーブルを作成しておき、ウエハWの面をパーティクル検査装置2により検査して得られた検出結果に基づいて評価データを作成して、この評価データと前記対応テーブルとに基づいてパーティクルの付着要因を推定するようにしているため、いち早く対応をとることができるし、またオペレータの負担が軽減される。パーティクルの付着状態を見てその要因を推定することはある程度装置に精通していることが必要であるが、この実施の形態では熟練のオペレータが不在であっても容易に対応をとることができる。

## 【0039】

そして評価データは、ウエハWの面をピクセルよりも大きい領域に複数分割した分割領域毎にその分割領域に含まれるピクセルデータに基づいて評価値である2値化データを割り当てるようにしているため、言い換えればパーティクル検査装置2の検出結果であるピクセルデータをグループ化してかなり広い領域を単位としその単位領域にピクセルデータに基づいて評価値を割り当てているため、アドレスがピクセルデータのように膨大なものにならずに例えば数十個あるいは数百個のアドレスで済み、また2値化データであるからトータルのデータ量は少なくなる。

## 【0040】

この結果パーティクル検査装置2から制御部3例えば装置コントローラに評価データを転送するの長い時間がかかるといったことがなく、またコントローラ（コンピュータ）側のメモリ容量として特別なものを用意しなくて済むし、パーティクルの発生要因の推定も速やかに行うことができる。このため半導体製造システム内に評価データを取り込んで自由度の高い運用、例えばパーティクル付着の要因の推定結果に基づいて制御信号を出力し、その制御信号に基づいて半導体製造装置のパラメータに対してフィードバックあるいはフィードフォワード制御を

行うといった運用、あるいは半導体製造装置から集中管理コンピュータに装置の履歴データを自動で送るといった運用につなげることができる。

【0041】

なお上述の実施の形態ではパーティクル検査装置3は半導体製造装置1内に設けているが、つまり半導体製造装置1のウェハ搬送手段により搬送できるように構成しているが、半導体製造装置1とは別個にスタンドアローンとして設けるようにしてもよい。更にまたピクセルデータを制御部3に送信して、制御部3内に用意した評価データ作成プログラムで評価データを作成してもよい。

【0042】

図7は本発明の応用例を示す図である。図7に示す半導体製造システムは、複数例えば1～3号機の半導体製造装置1A～1Cと、これら半導体製造装置1A～1Cに夫々設けられたパーティクル検査装置2A～2Cと、これらパーティクル検査装置2A～2Cに夫々接続された制御部（装置コントローラ）3A～3Cと、これら制御部3A～3Cに接続され、各半導体製造装置1A～1Cを管理する制御部であるグループコントローラGCと、このグループコントローラGCに接続された通信部38と、を備えており、装置のユーザ側に設けられている。

【0043】

パーティクル検査装置2A～2Cは既述のパーティクル検査装置2に対応するものであり、制御部3A～3Cは既述の制御部3に対応するものであるが、例えば図1に示した前記判定プログラム32a、制御信号作成プログラム32b、評価データを記憶する記憶部33、前記対応テーブルを記憶する記憶部34をグループコントローラGCに設けるようにしてもよい。この場合パーティクル検査装置2A～2Cからの評価データは夫々制御部3A～3Cを介してグループコントローラGCに送信され、グループコントローラGCにて作成された制御信号は制御部3A～3Cを介して各半導体製造装置1A～1Cに送られる。

【0044】

そして前記通信部38は、通信網40例えば電話回線あるいはインターネット回線を介してメーカ側の監視ステーション4の通信部41を通じてコンピュータからなる制御部42に接続されており、制御部42には表示部43が接続されて

いる。ユーザ側において例えばグループコントローラGCにてパーティクルの付着要因があると診断されてその要因が判断されると、当該要因に対応するデータが通信部38から通信網40を介してメーカ側の制御部42に送られ、表示部43にどの半導体製造装置にパーティクル発生異常が起こり、どのような要因でパーティクルが発生したかという情報が表示される。なおメーカ側とは、メーカ側が委託しているメンテナンス会社なども含まれる。

## 【0045】

このようにユーザ側にてパーティクルの付着の要因を自動で判断できるようにすることにより、その要因を通信によりメーカ側に送信することができるので、そうしたシステムを構築することにより、メーカ側のサービスマンが例えば送られてきた要因に対応する機材を予め揃えてユーザ側に出向くなど、メンテナンスの対応が容易になる。

## 【0046】

以下に半導体製造装置におけるパーティクルの付着要因の具体例を挙げておく。図8～図10は半導体製造装置である縦型熱処理装置を示す図であり、51は密閉型キャリアCの搬入領域、52は移載領域であるローディングエリア、53は各領域を区画する隔壁である。搬入領域51は大気雰囲気であり、ローディングエリア52は搬入領域51よりも清浄度の高い例えば不活性ガス雰囲気とされている。搬入領域51に搬入キャリアCが搬入されると、蓋が開かれて内部のウエハがウエハ移載機構54により基板保持具であるウエハボート55に移し替えられる。その後ウエハボート55は昇降機構56により熱処理炉56a内に搬入されて熱処理が行われる。ローディングエリア52には、フィルタユニット57及び吸い込みパネル57aにより不活性ガスの横方向の気流が形成され、この不活性ガスは循環している。またパーティクル検査装置2は搬入領域51から隔壁53に気密に接続されていて、ローディングエリア52に内部が開放されるように設けられており、例えばモニタウエハ及び／または製品ウエハについて熱処理前と熱処理後においてパーティクルの検査が行われる。更にまたウエハボート55は、天板55a及び底板55bの間に4本の支柱55cが設けられ、これら支柱55cにはウエハの周縁を保持する溝が形成されている。

## 【0047】

この場合、ウエハポート55の4本の支柱55cがいずれも汚れていると、ウエハ表面におけるパーティクルの検出結果であるピクセルデータと評価データとは既述のように図5に示す結果となる。また排気管の入り口付近からパーティクルが処理領域に飛散した場合には、ウエハの周縁にパーティクルが付着した状態となり、ピクセルデータ及び評価データは夫々図11(a)、(b)に示す結果となる。更にフィルタユニット57が汚れている場合には、ウエハの片側にパーティクルが付着した状態となり、ピクセルデータ及び評価データは夫々図12(a)、(b)に示す結果となる。なおピクセルデータはパーティクルの付着部分を斜線により簡略化して記載してある。

## 【0048】

更に他の例について説明する。図13はエッチング装置(エッチャー)を示し、ほぼ気密雰囲気中に形成された装置本体の正面パネル61の前面側から密閉型カセットCが接続されると、蓋が開いてウエハ移載機構62によりウエハが取り出され、ウエハ移載アームを備えたロードロック室63を介して図14に示すエッチングユニット64内の載置台65に搬入される。載置台65の周囲にはフォーカスリング66が設けられ、また上部にはエッチングガスを供給するガスシャワーヘッド67が設けられる。更にパーティクル検査装置2は正面パネル61の前面側に設けられ、内部は装置本体内に開放されている。

## 【0049】

この場合、フォーカスリング66が汚れているとウエハの周縁部にパーティクルが付着するのでピクセルデータは図15(a)に示すようになり、ガスシャワーヘッド67が汚れていると、ウエハ表面の概ね全面にパーティクルが付着するので、ピクセルデータは図15(b)に示すようになり、また排気管が例えば載置台65の直径方向に2カ所設けられていてそのうちの一方の排気管からパーティクルが処理領域内に飛散した場合には、ウエハの片面にパーティクルが付着するのでピクセルデータは図15(c)に示すようになる。

## 【0050】

更にまた他の例について述べる。図16は、レジストを塗布し、露光後のウエ

ハ表面を現像する塗布、現像装置を示す。例えばカセットステーション 7 1 に搬入されたオープンカセット C から受け渡しアーム 7 2 によりウエハが取り出され、複数のユニットを多段に積み重ねた棚ユニット U 1 の一つのユニットを介して馬蹄形状のメインアーム 7 3 に受け渡される。その後、ウエハはレジスト塗布ユニット 7 4、棚ユニット U 1 あるいは U 2 の中の加熱ユニットなどを経てインターフェイスブロック 7 5 に搬送され、露光装置 7 6 にて露光された後、インターフェイスブロック 7 5 を介して現像ユニット 7 7 に搬入されて現像処理される。

## 【 0 0 5 1 】

塗布ユニット 7 4 は、図 1. 8 に示すようにスピンチャック 7 4 a にウエハ W を真空吸着させ、スピンチャック 7 4 a を高速回転させながらノズル 7 4 b からレジストを塗布するようになっている。また加熱ユニット 8 は図 1 9 に示すように加熱板 8 1 内の複数例えば 3 本の昇降ピン 8 2 によりメインアーム 7 3 から加熱板 8 1 上に受け渡されるようになっている。

## 【 0 0 5 2 】

この場合、メインアーム 7 3 が汚れていると、ウエハの裏面の周縁に馬蹄形状にパーティクルティが付着し、ピクセルデータは図 1 9 ( a ) に示すようになる。また昇降ピン 8 2 が汚れているとウエハの裏面側において昇降ピン 8 2 のヘッドに対応する領域にパーティクルが付着するので、ピクセルデータは図 1 9 ( b ) に示すようになり、スピンチャック 7 4 a が汚れているとウエハの裏面におけるスピンチャック 7 4 a の接触領域にパーティクルが付着するので、ピクセルデータは図 1 9 ( c ) に示すようになる。

## 【 0 0 5 3 】

## 【発明の効果】

本発明によれば、この発明によれば、予め評価データとパーティクルが基板に付着した要因とを対応づけた対応データを用意しているので、パーティクルの付着要因を自動で診断することができる。従ってオペレータの負担が軽減されるし、また診断結果に応じた制御信号を出力するなど、自由度の高い運用を行うことができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態にかかる半導体製造システムの全体構成を示す構成図である。

【図 2】

上記の実施の形態で用いられる半導体検査装置を示す説明図である。

【図 3】

パーティクルの付着状態の評価データを作成するためにウエハを複数の領域に分割した状態を示す説明図である。

【図 4】

図 3 に示す分割領域に評価値である 2 値化データを割り当てて作成した表かデータを示す説明図である。

【図 5】

パーティクル検査装置により検出した微少領域データとそのデータを処理して得た評価データとの一例を示す説明図である。

【図 6】

ウエハ上のパーティクル検出の対称領域の一例を示す説明図である。

【図 7】

上記の半導体製造システムの応用例を示す説明図である。

【図 8】

本発明の半導体製造システムの応用例に用いられる熱処理装置を示す縦断側面図である。

【図 9】

上記の熱処理装置を示す平面図である。

【図 10】

上記の熱処理装置の一部を示す斜視図である。

【図 11】

上記の熱処理装置において、パーティクル検査装置により検出した微少領域データとそのデータを処理して得た評価データとの一例を示す説明図である。

【図 12】



上記の熱処理装置において、パーティクル検査装置により検出した微少領域データとそのデータを処理して得た評価データとの一例を示す説明図である。

【図 1 3】

本発明の半導体製造システムの応用例に用いられるエッチング装置を示す概略平面図である。

【図 1 4】

上記のエッチング装置に用いられるエッチングユニットを示す断面図である。

【図 1 5】

上記のエッチング装置において、パーティクル検査装置により検出した微少領域データの一例を模式的に示す説明図である。

【図 1 6】

本発明の半導体製造システムの応用例に用いられるレジストパターン形成装置を示す概略平面図である。

【図 1 7】

上記のレジストパターン形成装置に用いられる塗布ユニットを示す断面図である。

【図 1 8】

上記のレジストパターン形成装置に用いられる加熱ユニットを示す断面図である。

【図 1 9】

上記のレジストパターン形成装置において、パーティクル検査装置により検出した微少領域の一例を模式的に示す説明図である。

【図 2 0】

パーティクル検査装置で得られたヒストグラム及びマップデータを示す説明図である。

【符号の説明】

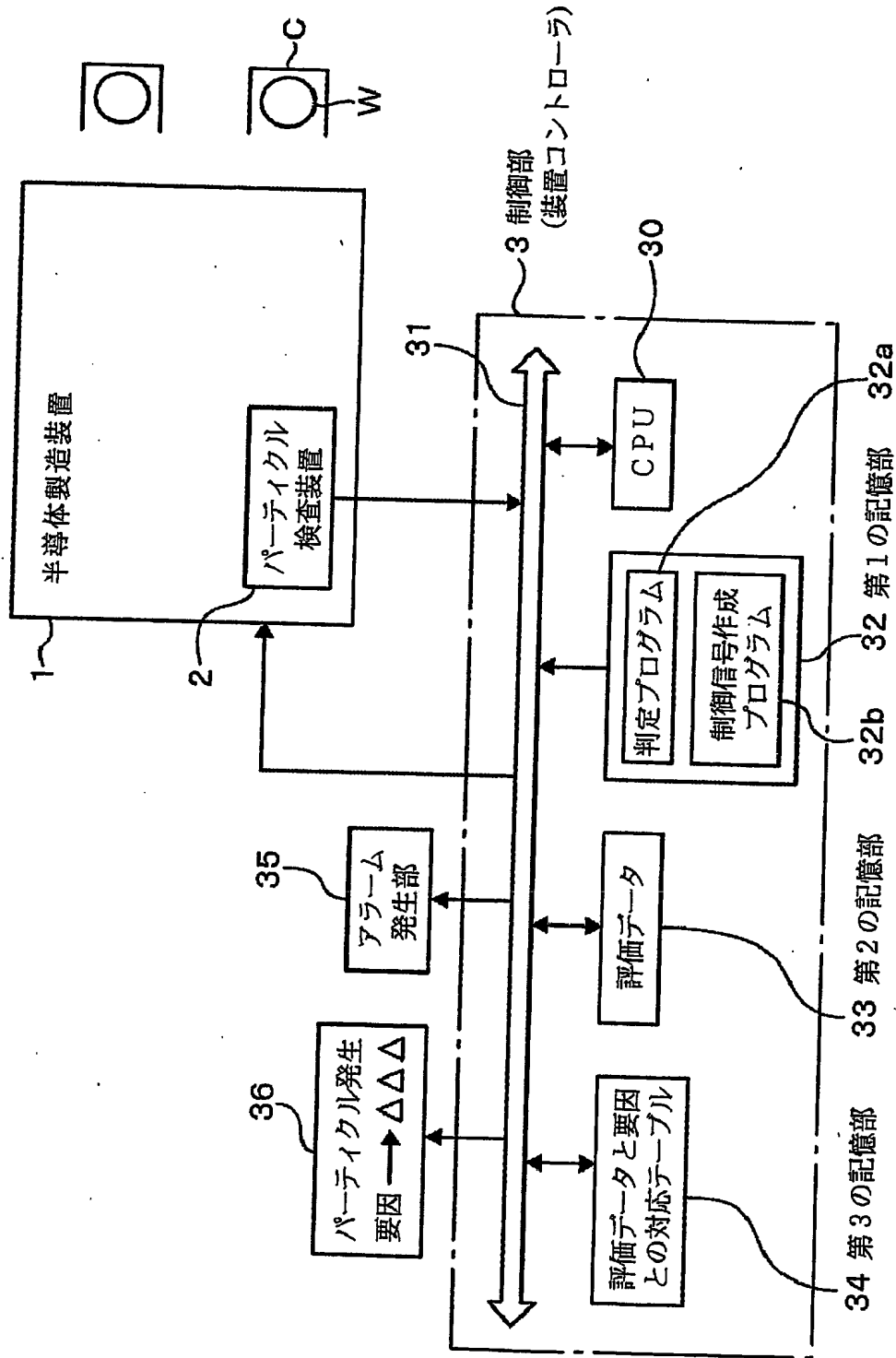
- W                    半導体ウエハ
- 1、1 A ~ 1 C       半導体製造装置
- 2、2 A ~ 2 C       パーティクル検査装置

- 2 1 光照射部
- 2 2 受光部
- 2 3 信号処理部
- 2 4 a ピクセルデータ作成プログラム
- 2 4 b 評価データ作成プログラム
- 2 5 ピクセルデータ記憶部
- 2 6 評価データ記憶部
- 3、3 A ~ 3 C 制御部
- 3 2 ~ 3 4 記憶部
- 3 2 a 判定プログラム
- 3 2 b 制御信号作成プログラム
- 3 5 アラーム発生部
- 3 6 表示部
- 3 7 通信部
- 4 監視ステーション
- 5 2 ローディングエリア
- 5 5 ウエハポート
- 5 6 a 熱処理炉
- 5 7 フィルタユニット

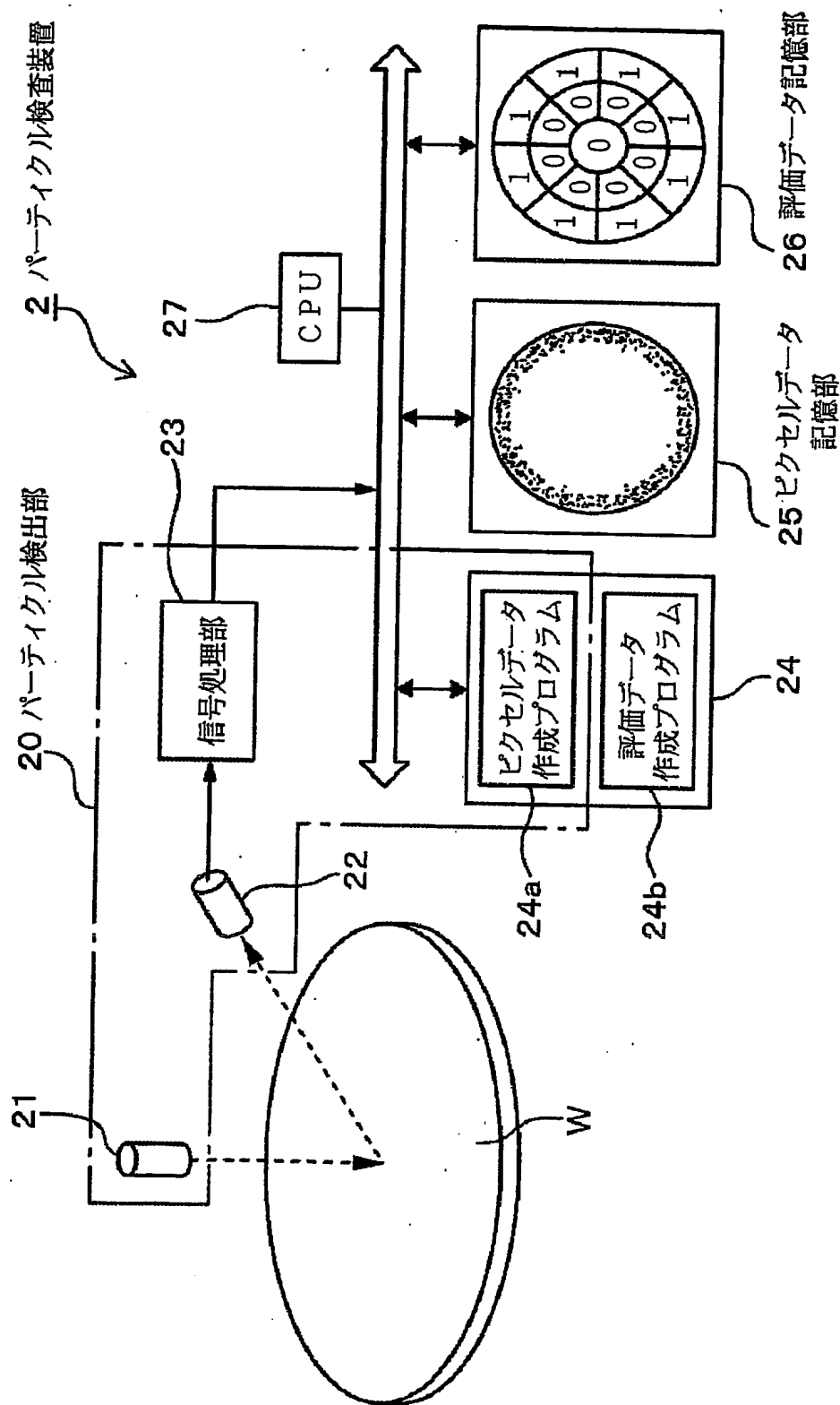
【書類名】

図面

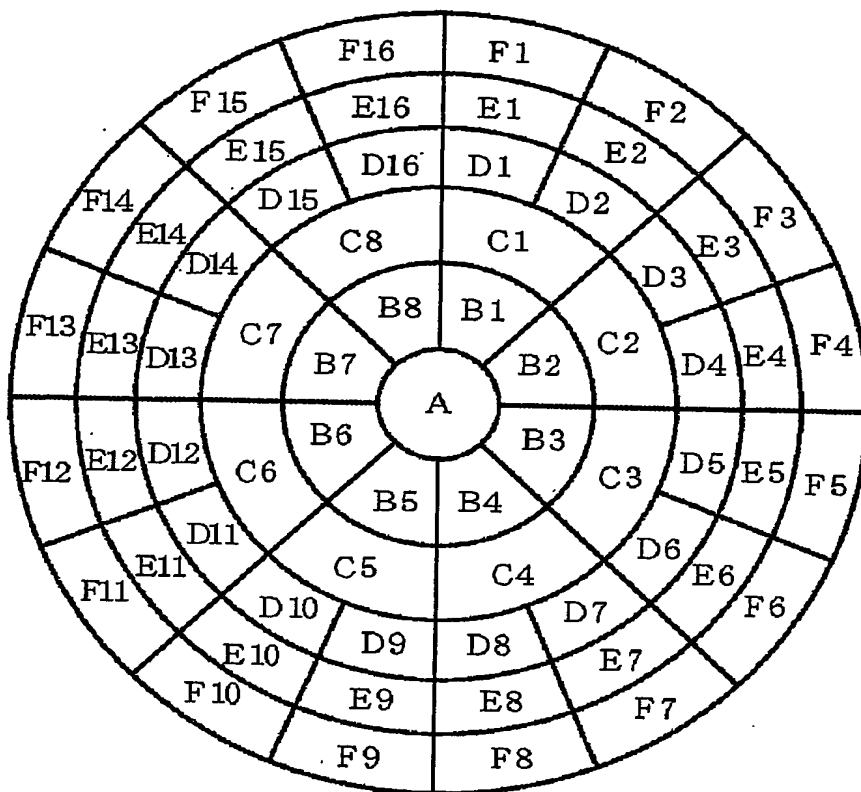
【図1】



【圖 2】



【図3】



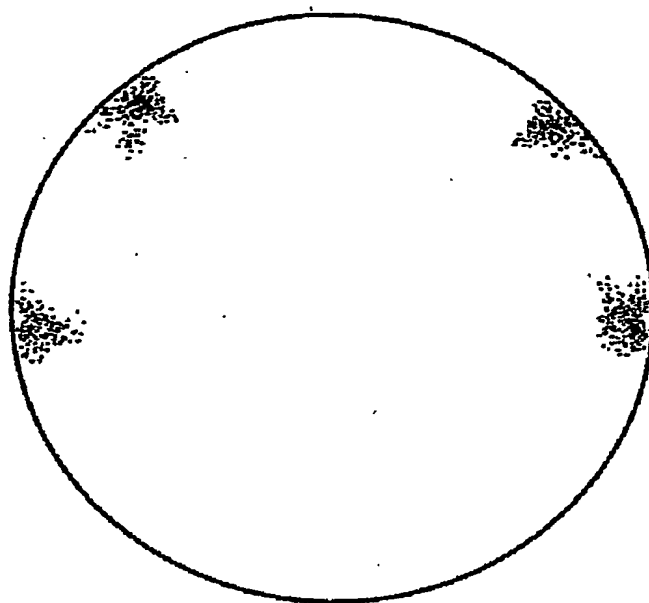
【図4】

対応テーブル

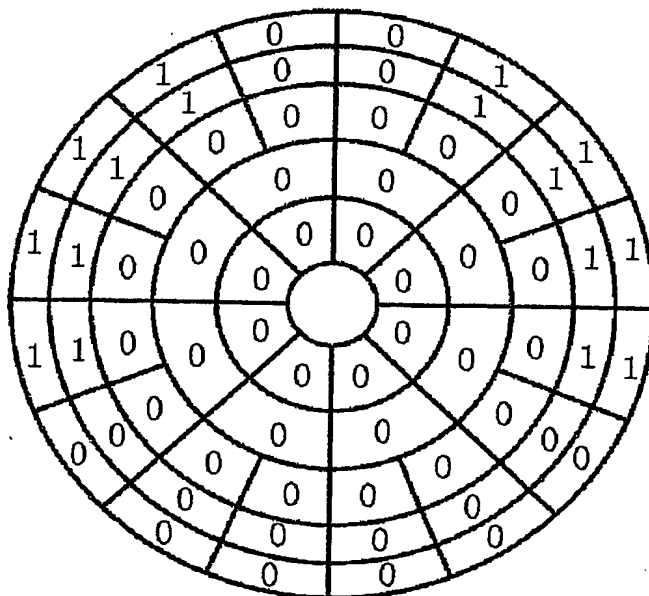
A	B1	B2	----	C1	C2	----	F16	パーティクル付着要因
1	1	1	----	0	0	----	0	○ ○ ○
0	0	0	----	1	0	----	0	△ △ △
0	0	0	----	1	1	----	0	□ □ □
0	0	0	----	0	0	----	1	× × ×
1	1	0	----	1	0	----	0	○ × ○
1	1	1	----	1	1	----	1	□ × □

【図 5】

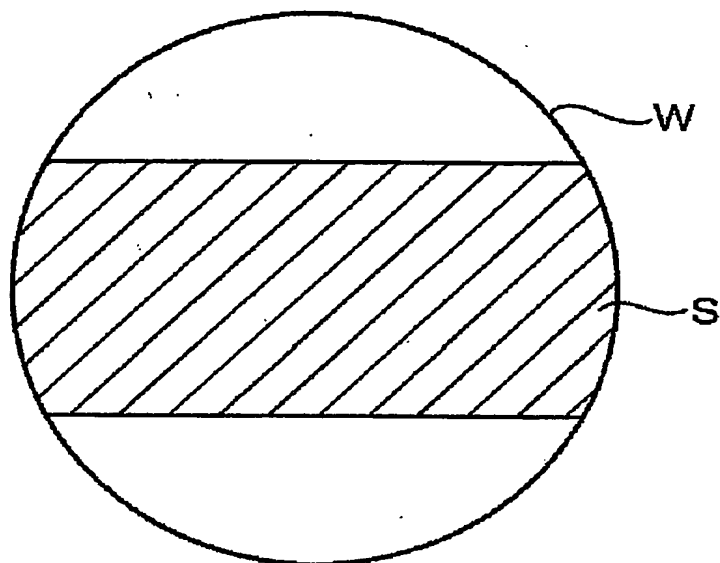
ピクセルデータ



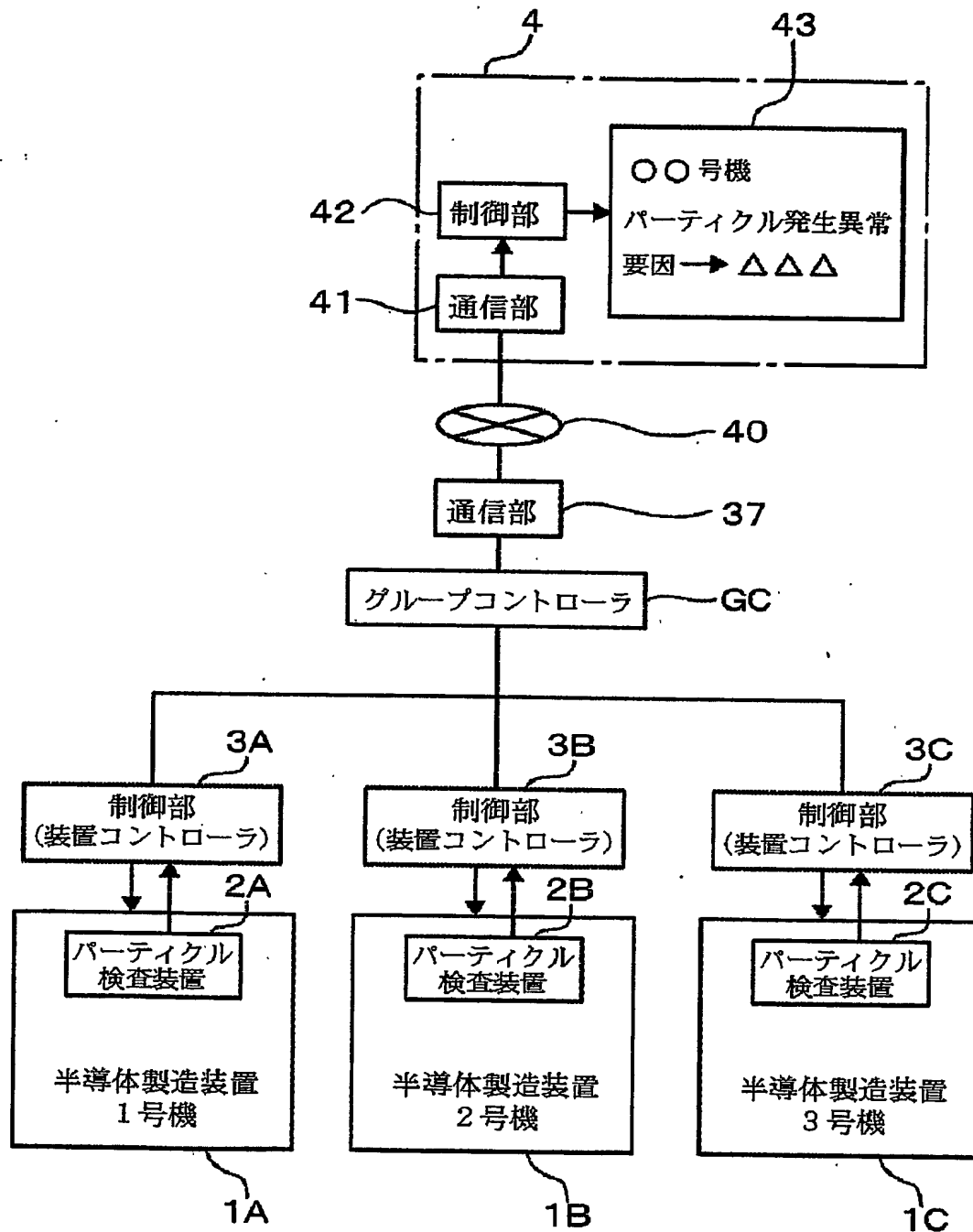
評価データ



【図6】

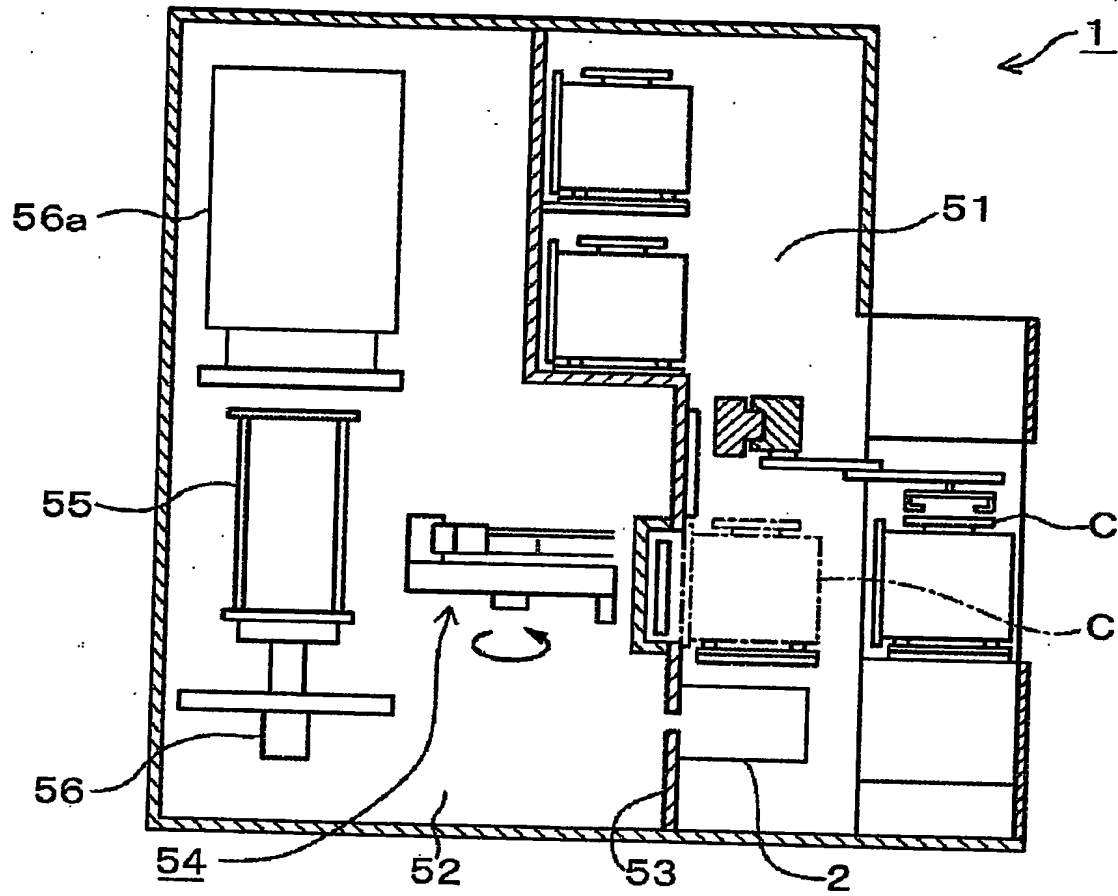


【図 7】

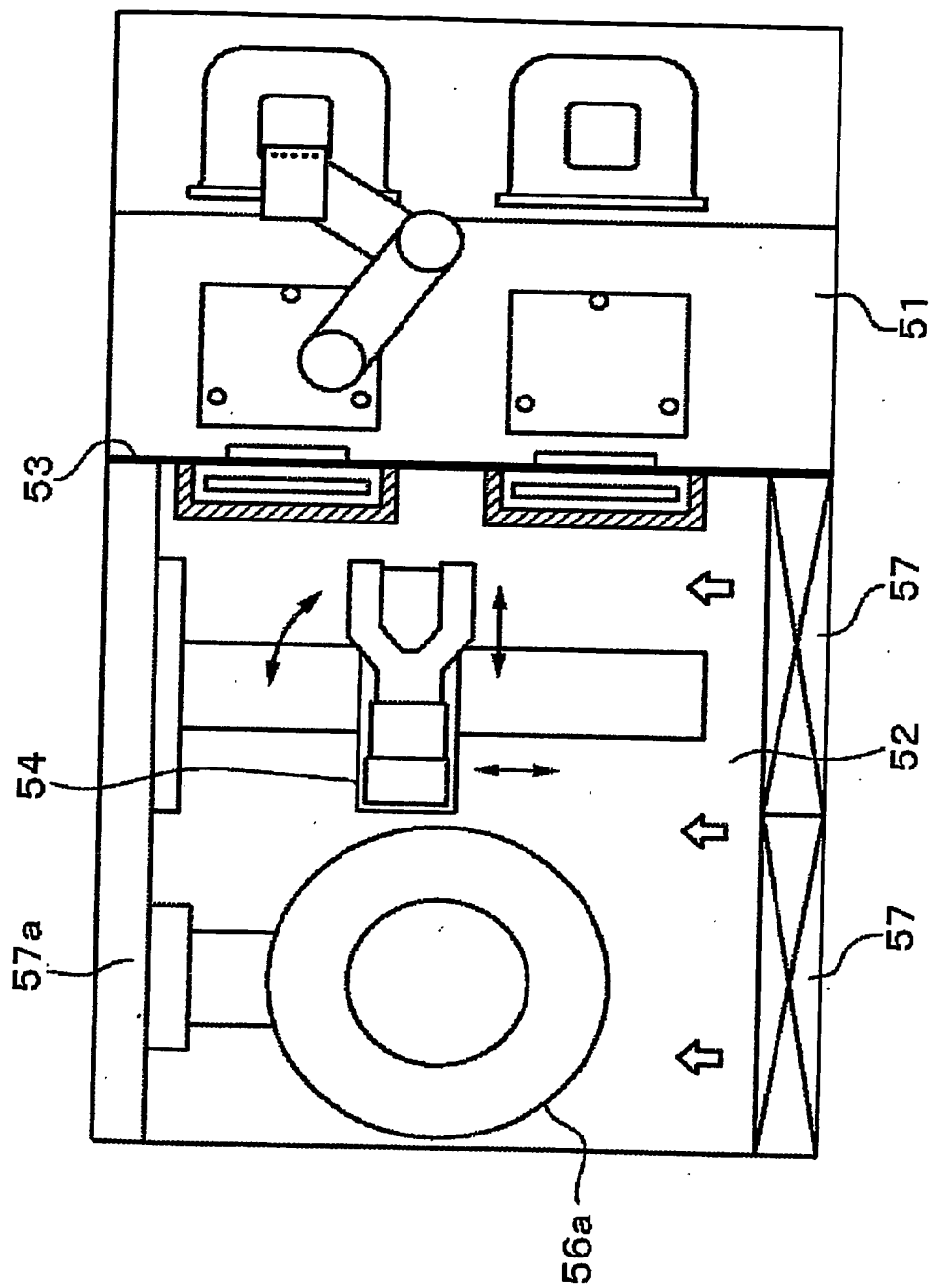




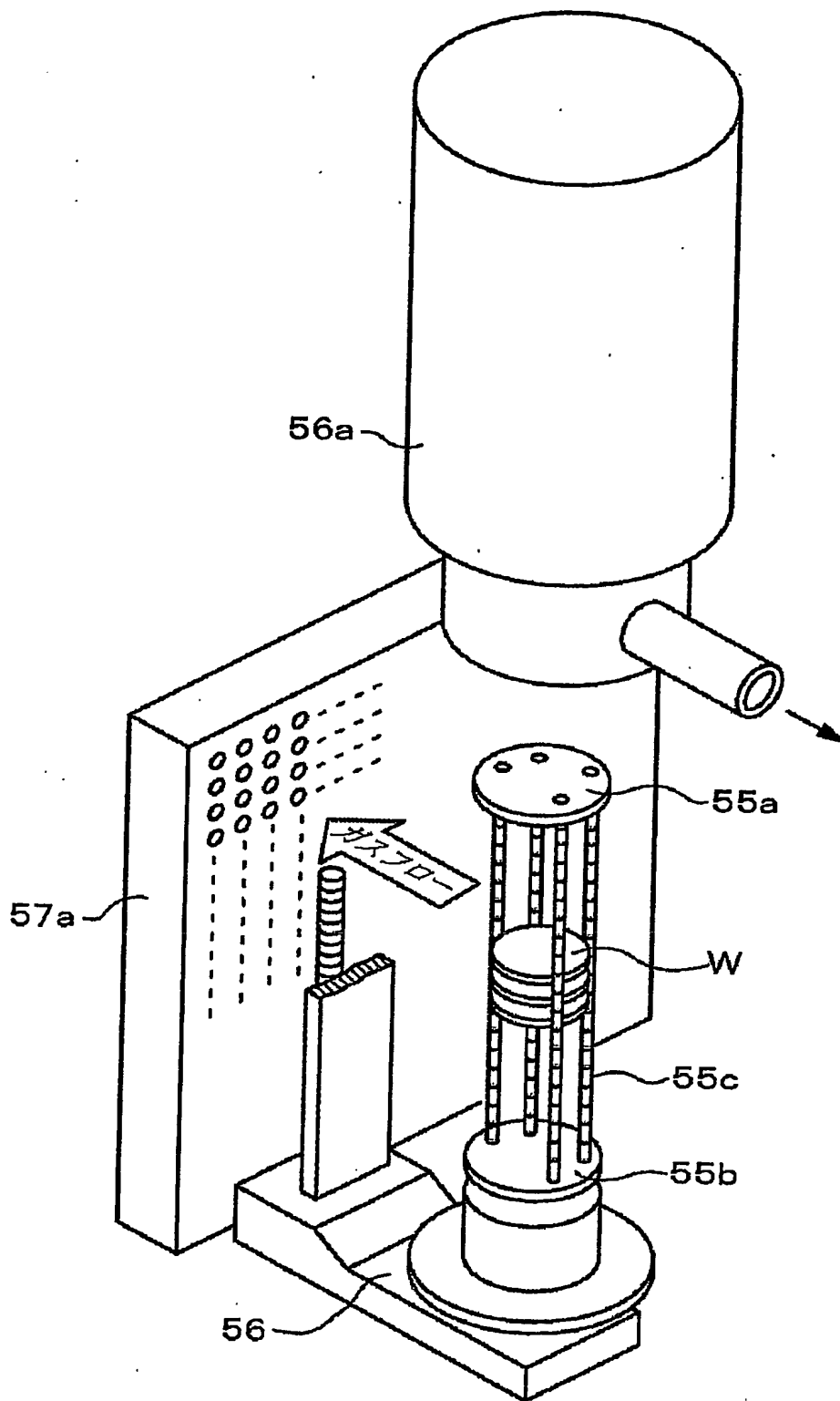
【図 8】



【図9】

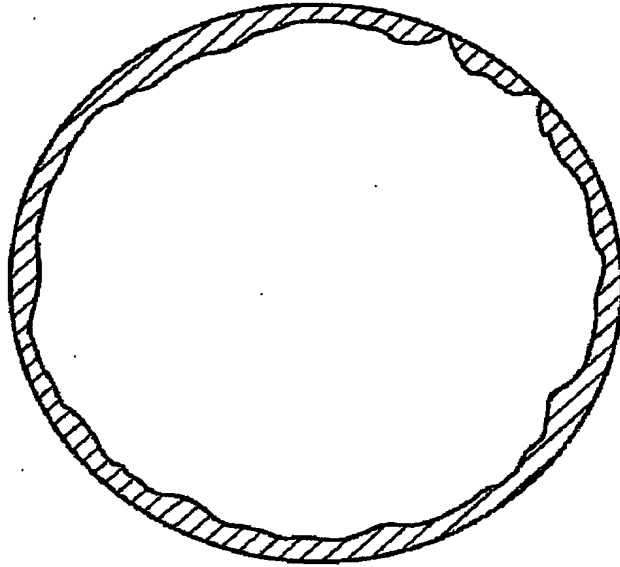


【図10】

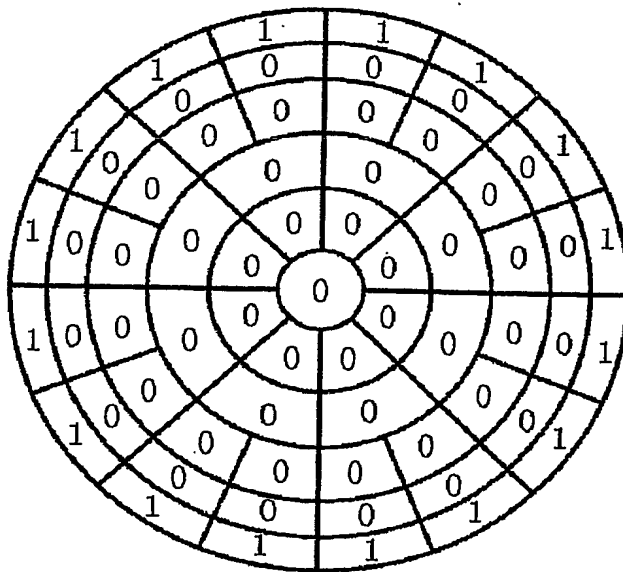


【図 11】

(a)

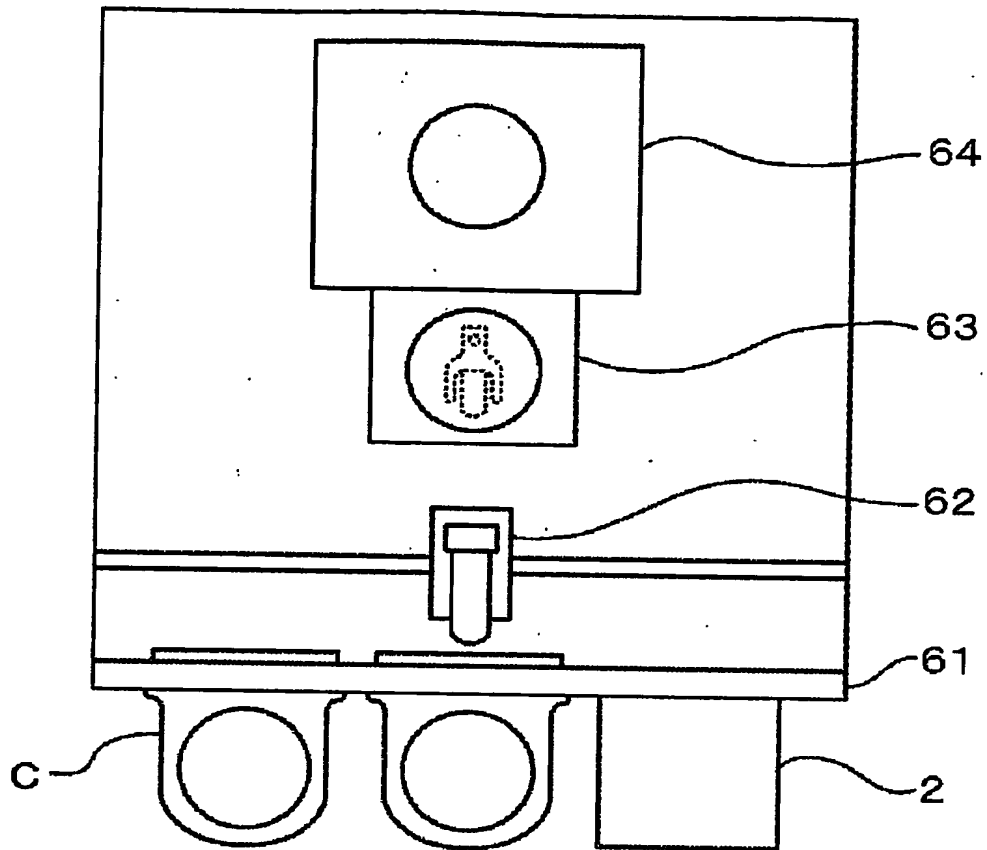


(b)

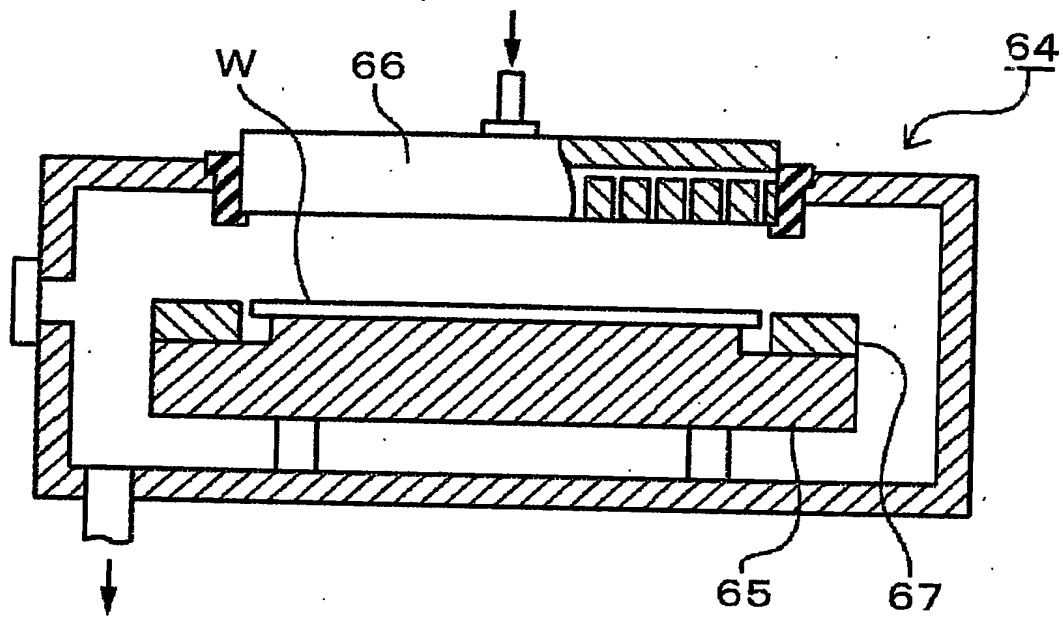




【図13】

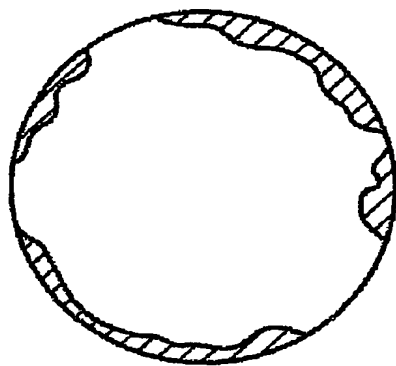


【図14】

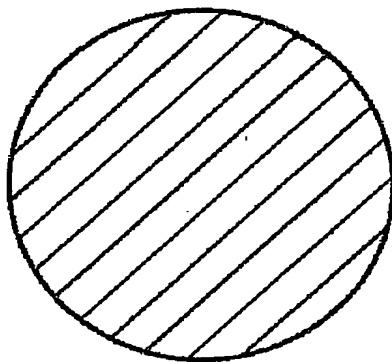


【図15】

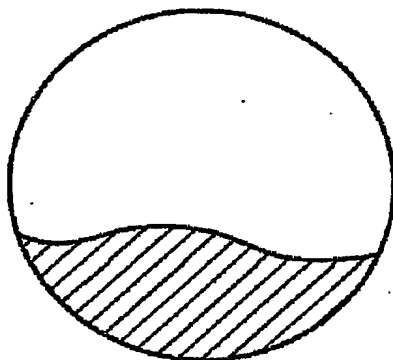
(a)



(b)

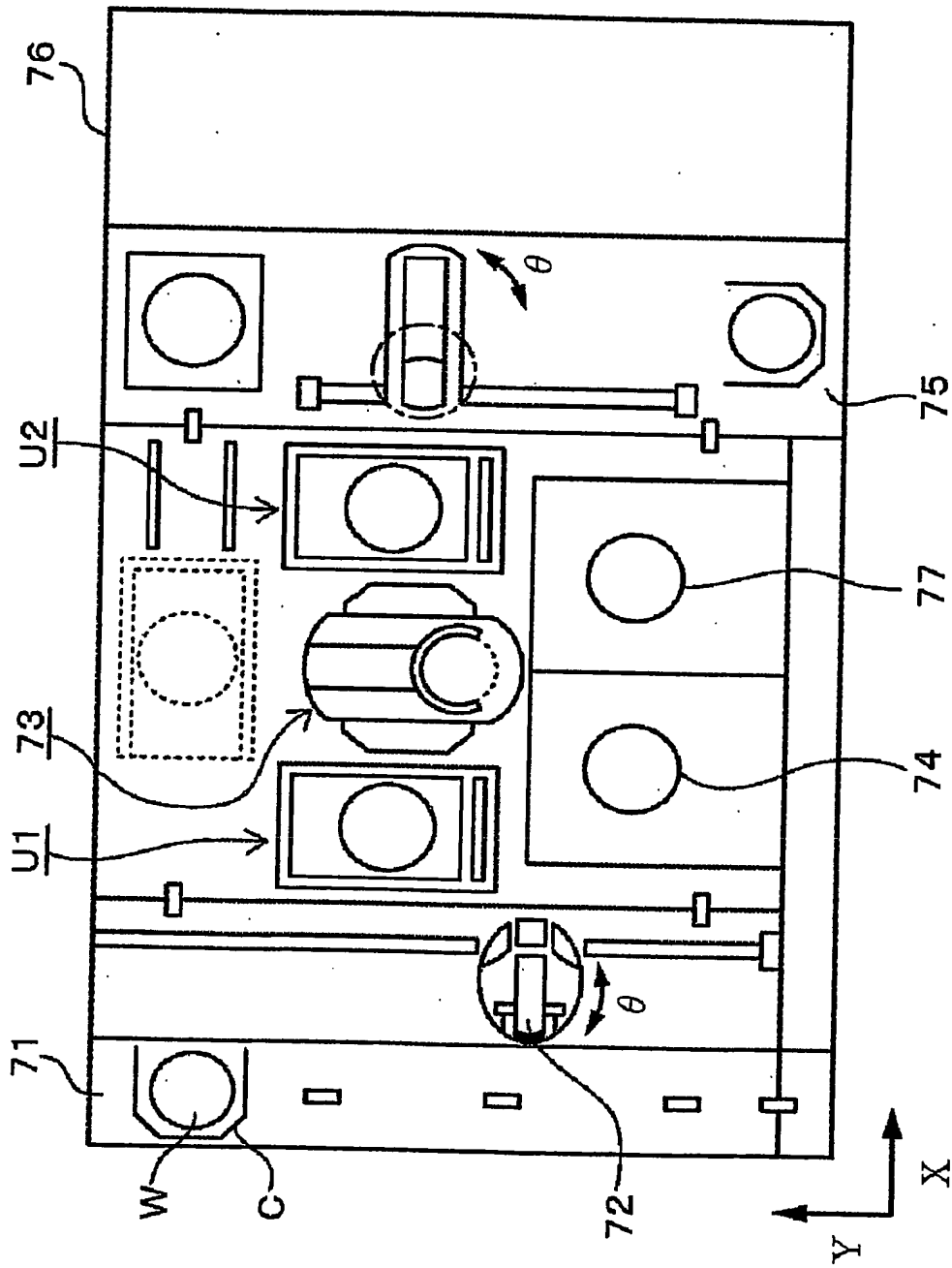


(c)

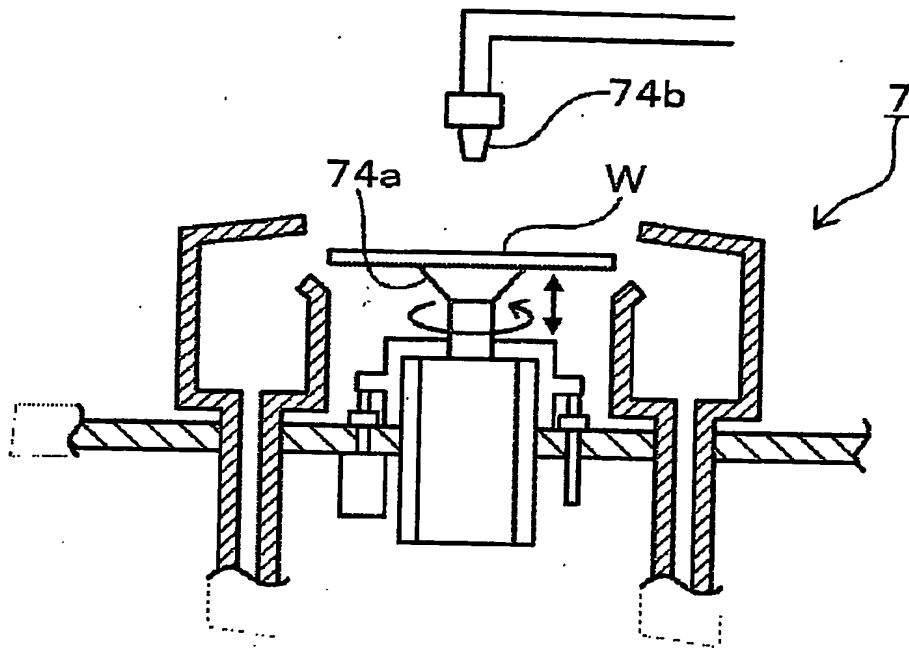




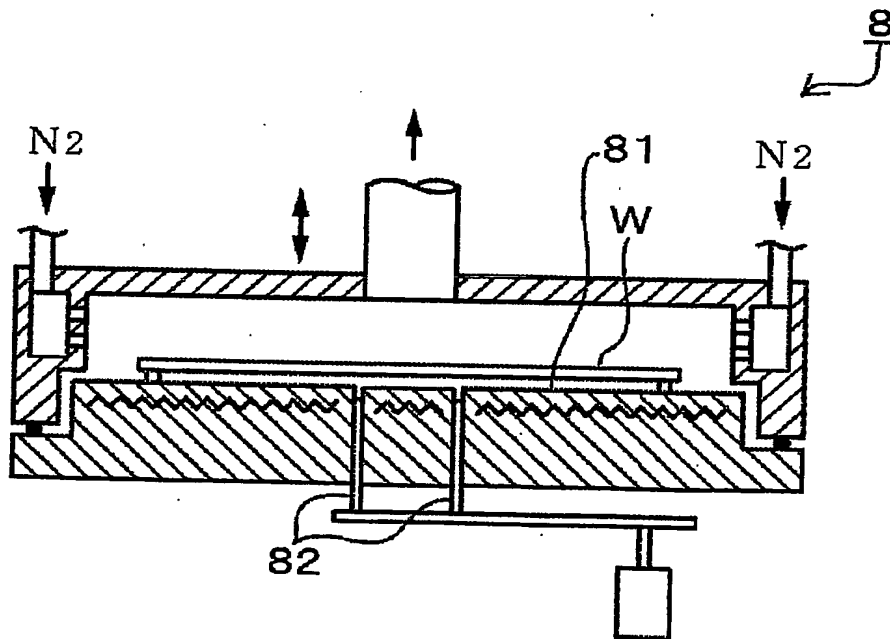
【図 16】



【図17】

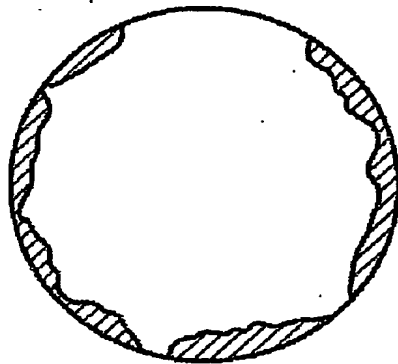


【図18】

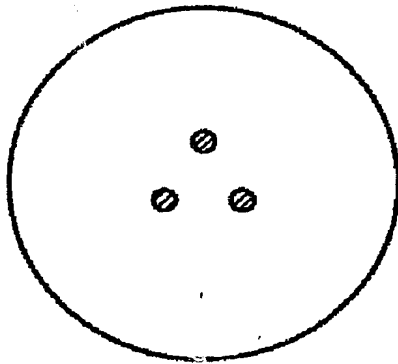


【図19】

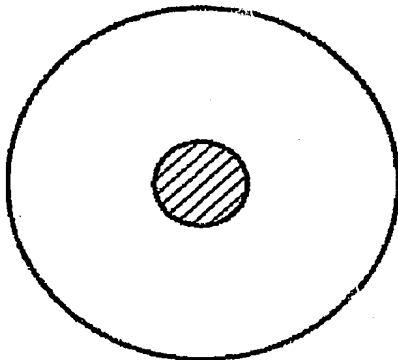
(a)



(b)

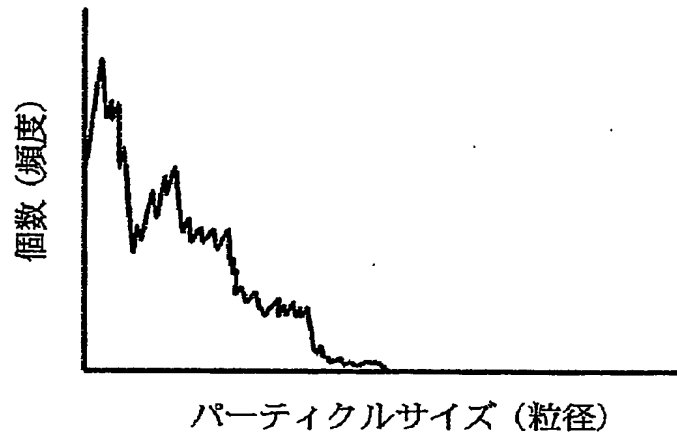


(c)

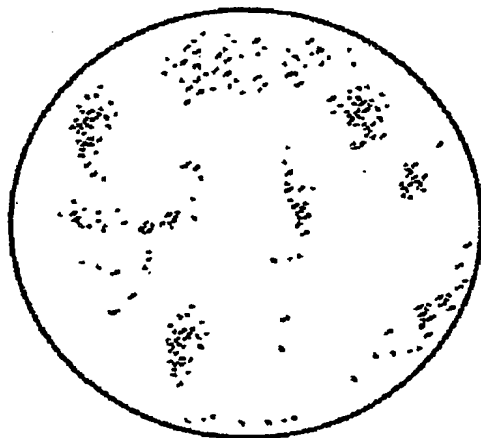


【図20】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】半導体ウエハのパーティクルの検査結果に基づいて自動で半導体製造装置の診断を行うことのできる半導体製造システムを提供すること。

【解決手段】パーティクル検査装置にて、例えば0.1～0.5mm程度の微小な領域のアドレスとその微小領域内のパーティクルの有無とを対応づけたピクセルデータを作成し、次いでウエハの面を例えば数十～数百に分割した分割領域について、ピクセルデータに基づいて評価データ例えばパーティクル有りのピクセルデータが設定値を越えているか否かに対応した2値化データを作成する。そして予め評価データとパーティクルの付着要因とを対応づけたテーブルを用意し、ウエハ上の検出結果に基づいて作成された評価データとテーブルとに基づいてパーティクルの付着要因を推定する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000219967]

1. 変更年月日	2003年 4月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区赤坂五丁目3番6号
氏 名	東京エレクトロン株式会社